

La plataforma EDUCAGENT: Agentes Conversacionales Inteligentes y Entornos Virtuales aplicados a la Docencia

David Griol, José Manuel Molina

Departamento de Informática
Universidad Carlos III de Madrid
28911, Leganés (España)
{david.griol,josemanuel.molina}@uc3m.es

Zoraida Callejas, Ramón López-Cózar

Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos, CITIC-UGR
Universidad de Granada
18071, Granada (España)
{zcallejas,rlopezc}@ugr.es

Resumen: El desarrollo de la Web 2.0 y el gran interés alcanzado por las redes sociales ha posibilitado la introducción de un gran número de aplicaciones y entornos educativos que posibilitan nuevas formas de comunicación e interacción entre sus usuarios. En este contexto, los mundos virtuales y los agentes conversacionales facilitan la creación de entornos educativos que intensifican la percepción entre sus usuarios y que proporcionan una comunicación más natural y adaptada a las características y preferencias específicas de cada usuario. En este artículo describimos un sistema multiagente desarrollado para el apoyo a la docencia y el aprendizaje autónomo de los alumnos. A través del sistema, se presenta a los alumnos casos y problemas que deben resolver, y que posibilitan además la autoevaluación de su aprendizaje, especialmente en iniciativas de tele-educación y realización de cursos on-line. La plataforma *EducAgent* se ha desarrollado en la Universidad Carlos III de Madrid dentro de la Convocatoria de Apoyo a Experiencias de Innovación e Internacionalización Docente. El objetivo principal del proyecto es la creación de un espacio virtual innovador basado en los postulados del Espacio Europeo de Educación Superior, que haga de las asignaturas y cursos on-line un espacio más flexible, participativo y atractivo.

Palabras clave: Agentes Conversacionales, Aprendizaje Electrónico, Interacción Oral, Agentes Inteligentes, Educación y Nuevas Tecnologías.

Abstract: With the development of so-called Web 2.0 and the great interest and extension that social networks have now reached, a large number of e-learning environments and applications that originate new forms of communication and interaction among users have been quickly introduced. Within this framework, virtual worlds and conversational agents facilitate the creation of educative applications that intensify the perception between their users and provide a more natural communication adapted to the characteristics and specific preferences of each user. In this paper, we describe a multi-agent system developed for teaching support and student's self-learning. The main objective of the *EducAgent* platform is the creation of an innovative virtual space following the principles of the European Higher Education Area to make subjects and e-learning initiatives to become a more flexible, participatory and attractive space. One of the most important characteristics of the developed platform is to facilitate a more natural interaction between the system and students by means of conversational agents. We describe the main features of the *EducAgent* platform and its application in the new European Computer Science Degree at the Carlos III University of Madrid.

Key words: Conversational Agents, E-Learning, Oral Interaction, Intelligent Agents, Education and New Technologies.

1. Introducción

La Inteligencia Ambiental (*Ambient Intelligence*, Aml) [Kovács et al. 06] [Nakashima et al. 10] se fundamenta en varios pilares fundamentales, como la proximidad y potenciación del usuario, la eficiencia y soporte a servicios distribuidos y la facilidad de interacción con el entorno. En esta visión, los usuarios estaremos rodeados de interfaces intuitivas e inteligentes embebidas en toda clase de objetos y en un ambiente capaz de reconocer y responder ante nuestras acciones y los cambios que puedan sin obstaculizar y de forma continua y no visible. De este modo, se parte de la idea fundamental de que la tecnología debe estar diseñada para los usuarios y no los usuarios adaptarse a ella.

Para asegurar esta interacción natural e inteligente, es necesario proporcionar una comunicación eficaz, fácil, segura y transparente entre el usuario y el sistema. Por este motivo, los agentes conversacionales [López-Cózar et al. 05] [McTear 04], que conjugan las capacidades básicas presentes en los agentes conjuntamente con las Tecnologías del Habla y el Procesamiento del Lenguaje, han surgido recientemente como solución para incorporar capacidades comunicativas inteligentes en los sistemas multiagente (*multiagent systems*, MAS) [Wooldridge 02], dado que la voz es uno de los medios de la comunicación más naturales y más flexibles entre seres humanos.

La combinación de estas nuevas modalidades de comunicación con el aprendizaje social permite a los estudiantes interactuar con profesores y compañeros (tanto reales como simulados) durante las actividades y conseguir aprendizajes más significativos [Bishop 09] [Kim. 07] [Chou et al. 03] [Rickel et al. 99]. De este modo, las redes sociales han surgido como solución para integrar los agentes conversacionales en las comunidades 2.0. Dada la popularidad de estas tecnologías, se han producido durante la última década enormes avances en el desarrollo de redes sociales cada vez más complejas en las que poder llevar a cabo iniciativas relacionadas con el *e-learning*. Entre ellas destacamos los mundos sociales virtuales, que son entornos gráficos simulados por ordenador "cohabitados" por los usuarios a través de avatares [Boyd et al. 07].

Al mismo tiempo que se desarrollan estas iniciativas, las instituciones educativas están haciendo frente actualmente a los desafíos que conlleva la implantación del nuevo marco del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). De hecho, el EEES supone una docencia fundamentalmente orientada al logro de competencias, de forma que la función del profesor sea facilitar y guiar al alumno para que pueda acceder intelectualmente a los contenidos y prácticas profesionales correspondientes a su titulación.

Para lograr este objetivo, se hace necesario el diseño de metodologías docentes más participativas y reflexivas en las que el alumno alcance el máximo desarrollo académico y personal de la forma más autónoma posible. En este espacio, el profesor deja de ser un transmisor de conocimientos para convertirse en un profesional que crea y organiza ambientes de aprendizaje complejos, implicando a los alumnos en su propio proceso de aprendizaje a través de las estrategias y actividades adecuadas. Éste es justamente uno de los aspectos fundamentales que debe enfatizarse al desarrollar cursos de aprendizaje on-line en los que el estudiante participa de forma autónoma en la mayor parte del proceso de aprendizaje.

Por otro lado, deben definirse nuevos criterios y metodologías que permitan llevar a cabo la evaluación de los alumnos siguiendo estas premisas. A este respecto, y promovido por la implantación de los nuevos grados europeos, en la Universidad Carlos III de Madrid, se ha definido que la evaluación sea continua y se base en el esfuerzo y la implicación activa del estudiante en las clases, la elaboración de trabajos y la realización de ejercicios y prácticas. De este modo, debe realizarse un seguimiento continuo del alumno mediante actividades que sirvan tanto para fomentar su participación y adquisición de conocimientos, como iniciativas que les permitan conocer sus progresos y evaluar su propio proceso de aprendizaje. Adicionalmente, la formación y preparación para la creciente internacionalización del mercado laboral y profesional es una inquietud cada vez mayor de los estudiantes que se refleja en el notable incremento en la demanda de los estudios en inglés.

En este marco, según Roda et al., los sistemas de aprendizaje virtual surgen como solución para: i) acelerar el proceso de aprendizaje, ii) facilitar el acceso al mismo, iii) personalizar el aprendizaje, y iv) proporcionar un entorno educativo más completo. Con el principal objetivo de potenciar tanto la evaluación continua de los estudiantes como la internacionalización de la docencia, así como la definición de iniciativas que promuevan la tele-educación y el desarrollo y seguimiento de asignaturas por vía telemática, hemos definido la plataforma *EducAgent* dentro de las iniciativas para el Apoyo a Experiencias de Innovación e Internacionalización Docente promovidas por la Universidad Carlos III de Madrid. En el proyecto participan docentes de dicha universidad y de la Universidad de Granada.

Esta herramienta, basada en el uso de agentes inteligentes, permite al alumno la realización de cuestionarios de autoevaluación que incorporan preguntas seleccionadas automáticamente en función de los conceptos que se deseen enfatizar, proporcionar sus respuestas utilizando la voz en lenguaje natural y recibir una respuesta del sistema también en lenguaje natural como resultado de la suministrada por el alumno. Por último, *EducAgent* permite además la interacción y consulta de los contenidos desarrollados a través de mundos virtuales 3D como Second Life (secondlife.com/) o los generados mediante la plataforma gratuita Open Simulator (opensimulator.org/).

Tras esta pequeña introducción, el resto del artículo se estructura de la siguiente forma. La sección 2 resume importantes iniciativas relativas al desarrollo de aplicaciones y entornos educativos mediante la aplicación de las tecnologías más importantes utilizadas para el desarrollo del sistema *EducAgent*. La sección 3 describe dichas tecnologías, incluyendo tres subsecciones que describen respectivamente el desarrollo de agentes inteligentes, la aplicación de las Tecnologías del Habla y el desarrollo de agentes conversacionales, y la interacción en mundos virtuales. Seguidamente, las secciones 4 y 5 describen la arquitectura y funcionalidades de la herramienta, así como su aplicación a los contenidos de la asignatura Procesadores de Lenguaje de la Universidad Carlos III de Madrid. Finalmente, se muestran las conclusiones y líneas de trabajo futuro.

2. Estado del arte

Debido al desarrollo alcanzado por las Tecnologías del Habla y el Procesamiento del Lenguaje Natural, las posibilidades de integrar la conversación y el discurso en el aprendizaje virtual están recibiendo cada vez más una mayor atención, incluyendo su aplicación para la realización de aplicaciones orientadas hacia la tutorización [Heffernan 03] [Graesser et al. 01] [Aleven et al. 99], la respuesta a preguntas (*question-answering*) [Feng et al. 06] [Taylor et al. 06] [De Pietro et al. 05], el aprendizaje de idiomas [Abu Shawar et al. 07] [Fryer et al. 06], el desarrollo de compañeros virtuales [Baylor et al. 05] [Lester et al. 99] [Shaw et al. 99] [Dillenbourg et al. 92], así como sistemas de diálogo para promover la reflexión y habilidades metacognitivas [Kerly et al. 08] [Grigoriadou et al. 03].

El diseño y desarrollo de estrategias para los sistemas conversacionales empleados en el aprendizaje virtual varía ampliamente, reflejando la diversidad de tecnologías aplicadas actualmente para el desarrollo de estos agentes [Kerly et al. 08b]. Los diálogos con los usuarios se llevan a cabo generalmente en formato texto mediante la utilización del teclado [Heffernan 03]. Algunos sistemas utilizan además agentes personificados [Graesser et al. 01], capaces de mostrar emociones y gestos, mientras que otros utilizan avatares más simples [Kerly et al. 08]. Asimismo, algunos sistemas utilizan síntesis de texto a voz para la salida del sistema [Graesser et al. 01], mientras que la utilización de la voz para la entrada del mismo se está generalizando cada vez más [Chi et al. 11] [Litman et al. 06] [Litman et al. 04].

La tutorización es una de las principales áreas de aplicación de diálogos en lenguaje natural en el ámbito del aprendizaje virtual. El proyecto AutoTutor [Graesser et al. 01] definió como objetivo principal llevar a cabo esta función en los estudios universitarios de asignaturas relacionadas con la Informática y Física. El funcionamiento de la herramienta desarrollada se basa en la construcción activa del conocimiento mediante el análisis extenso de prácticas de tutores reales.

Ms. Lindquist [Heffernan 03] es otro sistema representativo de la aplicación de agentes

conversacionales a la tutorización. Se aplicó en estudios de Álgebra en educación secundaria con la idea fundamental de “aprender haciendo” en lugar de ofrecer instrucciones explícitas a los alumnos. El análisis de los resultados de los estudiantes mostró que utilizando el sistema se alcanzaron unas calificaciones iguales o mejores que los estudiantes a los que simplemente se proporcionaba la respuesta a los problemas propuestos. Los resultados también sugirieron que el diálogo era beneficioso para mantener la motivación del estudiante. Los autores concluyeron que Ms. Lindquist era un ejemplo de propuesta “menos es más”, donde los estudiantes abordaban menos problemas, pero aprendían mucho más con cada uno de ellos.

Un ejemplo final del desarrollo de aplicaciones del lenguaje natural en la tutorización es el sistema Geometry Explanation Tutor [Alevén et al. 99], mediante el cual los estudiantes proporcionaban, utilizando sus propias palabras, respuestas a problemas de Geometría. El sistema utilizaba una aproximación basada en el conocimiento para reconocer las explicaciones proporcionadas por los estudiantes como correctas o parcialmente correctas, así como un clasificador estadístico de texto cuando este método fallaba.

La aplicación de agentes conversacionales para aplicaciones de pregunta-respuesta es otra de las áreas de investigación en la que se han desarrollado más sistemas. Por ejemplo, TutorBot [De Pietro et al. 05] simula a un profesor particular capaz de formular preguntas y analizar la respuesta en lenguaje natural suministrada por el alumno. Otros sistemas incluyen un panel de discusión [Feng et al. 06] generado a partir de un corpus de respuestas y utilizado por el agente conversacional para seleccionar la siguiente respuesta en función de la semejanza con la recopilación de diálogos disponible. El sistema Verilog [Taylor et al. 06] permite que los estudiantes hagan preguntas cuyo significado semántico se etiqueta utilizando ontologías de forma similar a los sistemas comerciales que proporcionan información [Gómez-Pérez et al. 03]. Los *chatbots* entrenados a partir de un corpus permiten la práctica de idiomas únicamente en el dominio de los corpus utilizados, pero se han considerado también como una herramienta adecuada para idiomas para los que existen pocos recursos [Abu Shawar et al. 07].

Por último, cabe destacar sistemas orientados hacia la reflexión del alumno. Grigoriadou et al. 03 describen un sistema donde el alumno lee un texto sobre un acontecimiento histórico antes de indicar su posición sobre el mismo y justificar su opinión. Las respuestas se clasifican como científicas, cuasi-científicas o no-científicas, encargándose el gestor de diálogo de seleccionar la siguiente acción del sistema en función del análisis de las mismas. En el sistema CALMsystem [Kerly et al. 08] los usuarios deben responder preguntas sobre el dominio planteado e indicar el grado de confianza que poseen en la respuesta proporcionada. El sistema deduce el nivel del conocimiento de los estudiantes basándose en sus acciones, y les anima a mantener un diálogo sobre las diferencias entre sus respuestas y las del sistema. Los estudios llevados a cabo demostraron que este tipo de diálogos mejoraban considerablemente los procesos de autoaprendizaje y reflexión frente a las estrategias tradicionales basadas únicamente en la comparación de las respuestas de estudiante y sistema [Kerly et al. 08c].

Las motivaciones para la utilización de agentes conversacionales y lenguaje natural en la enseñanza virtual destacadas por los sistemas anteriores incluyen la habilidad para conseguir resultados mejores que con un tutor humano no entrenado [Graesser et al. 01] o con menor número de ejercicios [Heffernan 03], mejoras en la motivación y grado de participación de los estudiantes propiciados por el usos de estas nuevas tecnologías [Heffernan 03] [Baylor et al. 05] [Fryer et al. 06], la utilización del diálogo como método eficiente y natural de comunicación con el que los estudiantes están habituados, aprender de la experiencia, facilitar la identificación de las dudas y problemas cometidos por los alumnos, así como animarles e informarles de sus progresos.

El aprendizaje social permite a los estudiantes interactuar con profesores y compañeros (tanto reales como simulados) durante las actividades de aprendizaje [Chou et al. 03]. De este modo, las redes sociales han surgido como solución para integrar los agentes conversacionales en las comunidades 2.0, en forma de asistentes pedagógicos, moderadores, o compañeros virtuales dentro de estas comunidades. El diálogo y las características antropomórficas que adquieren los agentes pedagógicos en las redes

sociales en 3D (o mundos virtuales) facilitan la dimensión social de las actividades del aprendizaje virtual y la motivación por el conocimiento [Chou et al. 03]. La relevancia adquirida por este tipo de actividades está cambiando profundamente las formas de comunicación, de compartir información y de interactuar entre los usuarios de Internet, que tienen un gran impacto también en nuestra vida cotidiana [Dwyer 07] [Boyd et al. 07] [Ellison et al. 07].

La introducción de la componente “social” en los mundos virtuales los ha convertido en un excelente foro de interacción entre personas de diferentes lugares que pueden socializar, aprender y entretenerse. De ahí que los mundos virtuales se estén comenzando a contemplar como una herramienta de gran utilidad para el proceso de enseñanza-aprendizaje [Perry et al. 10] [Mikropoulos et al. 11] [Iqbal et al. 10]. Los entornos virtuales permiten así la creación de actividades de aprendizaje que proporcionan un grado de interactividad que es en muchos casos difícil de conseguir en un aula tradicional, propiciando que los estudiantes se conviertan en protagonistas del proceso de aprendizaje y aprendan además divirtiéndose.

Hemos decidido utilizar Second Life (SL) como laboratorio experimental de nuestra investigación por varias razones. En primer lugar, porque es uno de los mundos sociales virtuales más populares: su población es hoy en día de millones de residentes en todo el mundo. En segundo lugar, porque utiliza unas tecnologías muy avanzadas para el desarrollo de simulaciones realistas, con lo que los avatares y el medio son más creíbles y similares a los usuarios del mundo real. En tercer lugar, porque la capacidad de SL para la personalización es extensa y fomenta la innovación y la participación del alumno, lo que intensifica la naturalidad de las interacciones que tienen lugar en el mundo virtual. De este modo, cabe destacar trabajos recientes, como el descrito en [Ellison et al. 10] para la creación de una isla en Second Life con la máxima similitud al Londres del siglo XVIII, para la docencia de la asignatura de Historia, el desarrollo de un entorno multicultural para el aprendizaje de idiomas [Kanematsu et al. 10]), o el uso de SL en una iniciativa educativa para promover la igualdad de género [Park 10].

3. Tecnologías utilizadas

Tal y como se ha comentado en la introducción, la plataforma *EducAgent* se fundamenta en tres tecnologías fundamentales: el desarrollo de sistemas multiagente, la interacción oral con el usuario y la capacidad de sociabilización y de realismo ofrecida por los mundos virtuales.

3.1. Sistemas Multiagente: Agentes Inteligentes

Los agentes inteligentes son entidades computacionales autónomas que en conjunto pueden resolver problemas computacionales complejos por medio del uso de modelos de razonamiento, aprendizaje y negociación. Podemos destacar tres características fundamentales presentes en la mayoría de los agentes inteligentes educativos: comunicación, inteligencia y autonomía [Jordan et al. 01] [Wooldridge 02].

En primer lugar, los agentes inteligentes pueden comunicarse con el usuario, con otros agentes y con otros programas. Con el usuario se comunican con un interfaz amigable, mediante el que éste puede personalizar sus preferencias. Para el desarrollo de nuestra herramienta, hemos primado la comunicación con el estudiante de la forma más natural posible, utilizando para ello la voz. Con ello, perseguimos dos objetivos:

- facilitar el acceso a la aplicación en el mayor número de entornos y dispositivos posible, no limitando este acceso únicamente a aquellos que posibilitan el uso de los interfaces tradicionales;
- garantizar el acceso a la herramienta a personas que presenten discapacidades motoras que imposibiliten el uso de estos interfaces tradicionales, como es el caso del teclado o el ratón.

En segundo lugar, el grado de inteligencia varía mucho de unos agentes a otros, que suelen incorporar módulos con tecnologías procedentes de la Inteligencia Artificial [Litman et al. 04]. Los más sencillos se limitan a recoger preferencias del usuario, quien debe personalizarlos. En nuestro caso, utilizamos la Tecnologías del Habla y de

Procesamiento de Lenguaje Natural para posibilitar el análisis automático de las respuestas de los estudiantes.

Por último, en cuanto a la autonomía, un agente no sólo debe ser capaz de hacer sugerencias al usuario sino de actuar proactivamente. Los agentes de *EducAgent* poseen la autonomía necesaria para seleccionar cuáles son los contenidos más apropiados que deben preguntarse al alumno y cuál es la respuesta que le debe proporcionar como resultado de la interacción.

3.2. Interacción Oral: Agentes Conversacionales

El diccionario de la Real Academia Española de la Lengua define el diálogo como la plática entre dos o más personas que alternativamente muestran sus ideas o afectos. La acción de conversar es el modo más natural entre los seres humanos para resolver un gran número de acciones cotidianas: obtener una determinada información, contratar un servicio, solicitar un pedido, conocer el estado de un determinado proceso, etc.

Por este motivo, un interés histórico dentro del campo de las Tecnologías del Habla ha sido permitir a los usuarios interactuar mediante lenguaje natural oral con el fin de obtener información o controlar un sistema mediante la interacción directa con una máquina. El objetivo es disponer de sistemas que faciliten la comunicación persona-máquina del modo más natural posible, es decir, a través de la conversación.

Un agente conversacional puede entenderse como un sistema automático capaz de emular a un ser humano en un diálogo con otra persona, con el objetivo de que el sistema suministre cierta información o lleve a cabo una determinada tarea [López-Cózar et al. 05] [McTear 04]. Este tipo de aplicaciones requiere de una secuencia de interacciones entre la persona y la máquina para conseguir que el usuario consiga su propósito y deben tener la complejidad suficiente para referenciar durante el diálogo la información que haya aparecido anteriormente, tomar la iniciativa para

reconducir el diálogo dentro del dominio en el que se ha definido, solicitar información necesaria para cumplir el objetivo solicitado, requerir aclaraciones cuando exista la duda sobre la información aportada por el usuario, etc.

Disponiendo de un interfaz hablado, se libera al usuario de utilizar otros canales tradicionales como el teclado, el ratón o la pantalla. Dado este interfaz vocal, el número de entornos y tareas en los que pueden aplicarse estos sistemas es enorme: sistemas que proporcionen información sobre horarios y precios de transportes públicos, sistemas de información meteorológica, servicios de banca electrónica, aplicaciones accesibles desde los vehículos, sistemas que faciliten el acceso a la información a personas con discapacidades, acceso a servicios y control máquinas vía telefónica (fija o móvil), portales de voz, etc.

Construir una aplicación informática que pueda mantener una conversación con una persona de manera natural sigue siendo hoy en día un reto, dada la gran cantidad de fuentes de conocimiento que son necesarias y las limitaciones de las tecnologías utilizadas para obtener información del usuario. No obstante, los constantes avances de la investigación en Tecnologías del Habla han permitido que sean factibles actualmente sistemas de comunicación persona-máquina mediante la voz, capaces de interactuar con cierto grado de flexibilidad (iniciativa mixta en el desarrollo del diálogo). Estos sistemas están siempre orientados a tareas de información muy específica (dominios semánticos restringidos).

La Figura 1 resume las acciones básicas que debe realizar un sistema de diálogo para cumplir la finalidad global para la que fue diseñado. Tal y como se observa en esta figura, el sistema genera un mensaje inicial, normalmente para dar la bienvenida o informar al usuario sobre las características y funcionalidades del sistema. Tras cada intervención del usuario, el sistema debe realizar un conjunto de acciones básicas que se repiten cíclicamente como respuesta a cada acción del usuario:

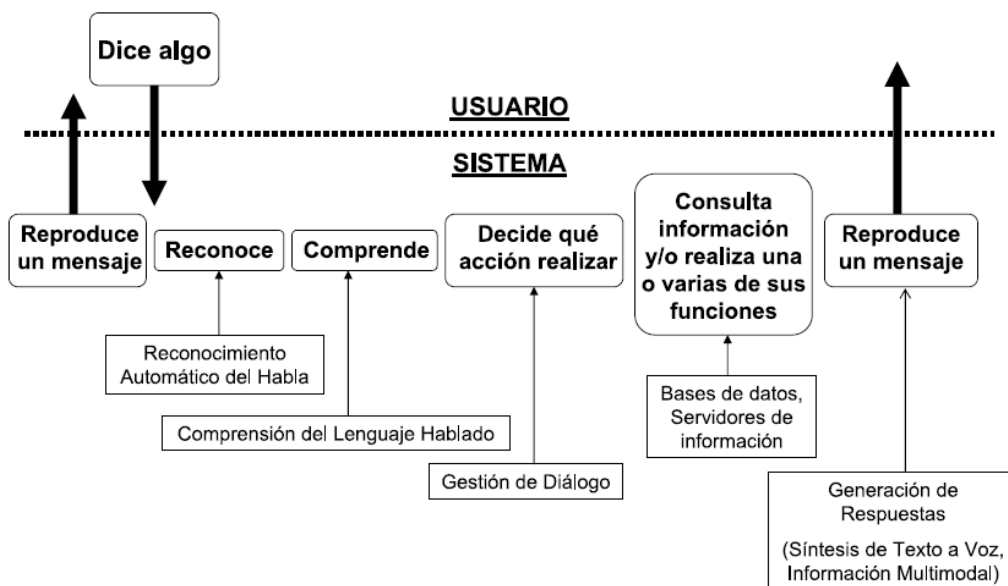


Figura 1. Esquema de las acciones que debe llevar a cabo un sistema de diálogo

- Reconocer la secuencia de palabras mencionadas por el usuario.
- Extraer el significado de dichas palabras, es decir, comprender qué información es útil en el dominio del sistema.
- Realizar operaciones de acceso a base de datos u otros recursos del sistema, en los que se almacena la información que solicita el usuario o se registran las operaciones que desea conocer.
- Decidir qué acción o acciones deben realizarse a continuación de cada solicitud del usuario, es decir, qué respuesta debe suministrar el sistema.
- Reproducir un mensaje hablado que informe al usuario qué acción ha seleccionado el sistema.

De este modo, dado el gran número de operaciones que deben realizarse, es habitual un desarrollo modular de los sistemas de diálogo hablado, lo que permite desglosar las dificultades entre los diferentes componentes del sistema. Un sistema de estas características se puede describir en términos de los siguientes módulos:

- Módulo de Reconocimiento Automático del Habla, reconoce la señal vocal pronunciada por el usuario y proporciona la secuencia de

palabras reconocida más probable (o las k más probables) [Jurafsky et al. 00].

- Módulo de Comprensión del Habla, a partir de las(s) secuencia(s) de palabra(s) reconocida(s), el sistema obtiene una representación semántica de su significado [Minker 98].
- Gestor de Diálogo, considera la interpretación semántica de la petición del usuario, la historia del proceso de diálogo, la información de la aplicación disponible en ese punto y el estado del sistema, y determina la siguiente acción que debe tomar el sistema siguiendo la estrategia del diálogo [Griol 07].
- Módulo de Consulta a la Base de Datos de la Aplicación, recibe peticiones de consulta a la base de datos por parte del gestor de diálogo, las procesa y devuelve el resultado al gestor.
- Módulo de Generación de Respuestas, recibe la respuesta del sistema en forma de cierta representación formal y tiene como función la generación de una frase, gramaticalmente correcta y en un lenguaje lo más cercano posible al lenguaje natural, que transmita el mensaje generado por el gestor de diálogo. La respuesta del sistema proporcionada por el generador de respuestas puede incorporar otras modalidades de información (vídeo, tablas con datos, gestos a reproducir por un avatar...) [Vargès et al. 10].

- Sintetizador de Texto a Voz, componente que recibe la respuesta del sistema como texto en lenguaje natural y genera la correspondiente señal de audio, que será la respuesta que llegará al usuario [Raitio 11].

3.3. Interacción en mundos virtuales

Tradicionalmente, los mundos virtuales se han estructurado a priori predefiniendo las tareas realizables por los usuarios. En la actualidad, la interacción social posee un papel clave en estos entornos y los usuarios pueden determinar sus experiencias en el mundo virtual siguiendo sus propias decisiones. De este modo, los mundos virtuales se han transformado en verdaderas redes sociales útiles para la interacción entre personas de diferentes lugares.

Second Life (SL) es un mundo virtual tridimensional desarrollado por Linden Lab en 2003 y accesible a través de Internet. Un programa cliente gratuito llamado Second Life Viewer permite que sus usuarios, llamados "residentes", interactúen unos con otros a través de avatares con capacidad de movimiento, proporcionando de este modo un nivel avanzado de servicio de red social.

Los residentes pueden explorar, conocer a otros residentes, socializar, participar en actividades individuales y de grupo, así como crear y comerciar con objetos y servicios. Existen diferentes formas que pueden utilizarse para la comunicación entre los residentes, las principales son los gestos, mensajes de texto y la voz. Los gestos se consiguen a través de animaciones a partir de las cuales se puede simular una determinada acción. SL incluye una herramienta a partir de la cual se pueden diseñar gestos personalizados. Los residentes pueden utilizar además la funcionalidad de un chat, que posibilita la transmisión de mensajes de texto. Finalmente, los residentes pueden optar también por la utilización de la voz, lo que permite a los usuarios utilizar sus micrófonos para hablar entre ellos en tiempo real.

Actualmente SL se utiliza con éxito como plataforma educativa en muchas instituciones, como colegios, universidades, bibliotecas y entidades gubernamentales (por ejemplo, la Universidad de Ohio, la Royal Opera House de Londres, la

Universidad Pública de Navarra, el Instituto Cervantes, la Universidad Politécnica de Madrid, la Universidad Carlos III de Madrid, la Universidad de Vigo, etc.).

Además de las características anteriormente descritas, Second Life presenta varias utilidades diseñadas específicamente para su uso educativo. Probablemente la más relevante es Sloodle (Simulation Linked Object Oriented Dynamic Learning Environment, www.sloodle.org/moodle/), un proyecto de código abierto que integra Second Life con el gestor de aprendizaje Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment, moodle.org/).

Moodle es un sistema de gestión de cursos utilizado ampliamente en la actualidad por la mayoría de universidades y resto de centros educativos para la creación de cursos virtuales, presentación y entrega de ejercicios, uso de foros, llevar a cabo los exámenes, etc. Su integración con Second Life posibilita el acceso virtual a estos cursos virtuales mediante un avatar, así como participar en clases y conferencias en tiempo real.

Sloodle ofrece una amplia gama de herramientas para facilitar el aprendizaje y la enseñanza en el mundo virtual inmersivo. En primer lugar, permite controlar el registro de usuarios y la participación en un curso mediante la utilidad Access Checker, que facilita el acceso al curso únicamente para los usuarios registrados. Asimismo, la utilidad Enrol_Booth facilita el registro de nuevos estudiantes.

En segundo lugar, hay disponibles varias herramientas para la creación de encuestas en Sloodle, como Choice Horizontal, Quiz Chair y Quiz Pile On. Choice Horizontal permite a los docentes crear y mostrar el resultado de encuestas en el mundo virtual, y recopilar la información generada tras las interacciones de los estudiantes, disponiendo así de una representación gráfica de la encuesta en el mundo 3D. Quiz Chair proporciona una representación gráfica de la encuesta en forma de un escritorio que el avatar puede utilizar para responder el cuestionario. Quiz Pile On proporciona una funcionalidad similar para responder cuestionarios de opción múltiple con un formato más divertido. En esta utilidad las preguntas se representan en forma de un texto que

flota sobre una pila y las respuestas sobre semiesferas que flotan en el agua. El alumno debe tomar asiento sobre la respuesta correcta para evitar caer al agua.

En tercer lugar, la herramienta Sloodle Presenter, permite crear presentaciones en Second Life, en las que pueden incluirse imágenes, páginas web y videos, así como configurar los permisos de acceso a la presentación.

Por último, hay otras herramientas interesantes para compartir objetos, como PrimDrop, que permite a los estudiantes entregar sus trabajos mediante el envío de objetos en Second Life, o la utilidad Vending Machine, que puede utilizarse para proporcionar objetos a los alumnos.

4. La plataforma *EducAgent*

Los objetivos principales definidos para *EducAgent* son los siguientes. En primer lugar, el desarrollo de material docente multimedia innovador que facilite los procesos de desarrollo y evaluación de cursos on-line. En el proyecto nos alejamos de las herramientas multimedia docentes tradicionales que suelen basarse en la creación de material estático en un único formato.

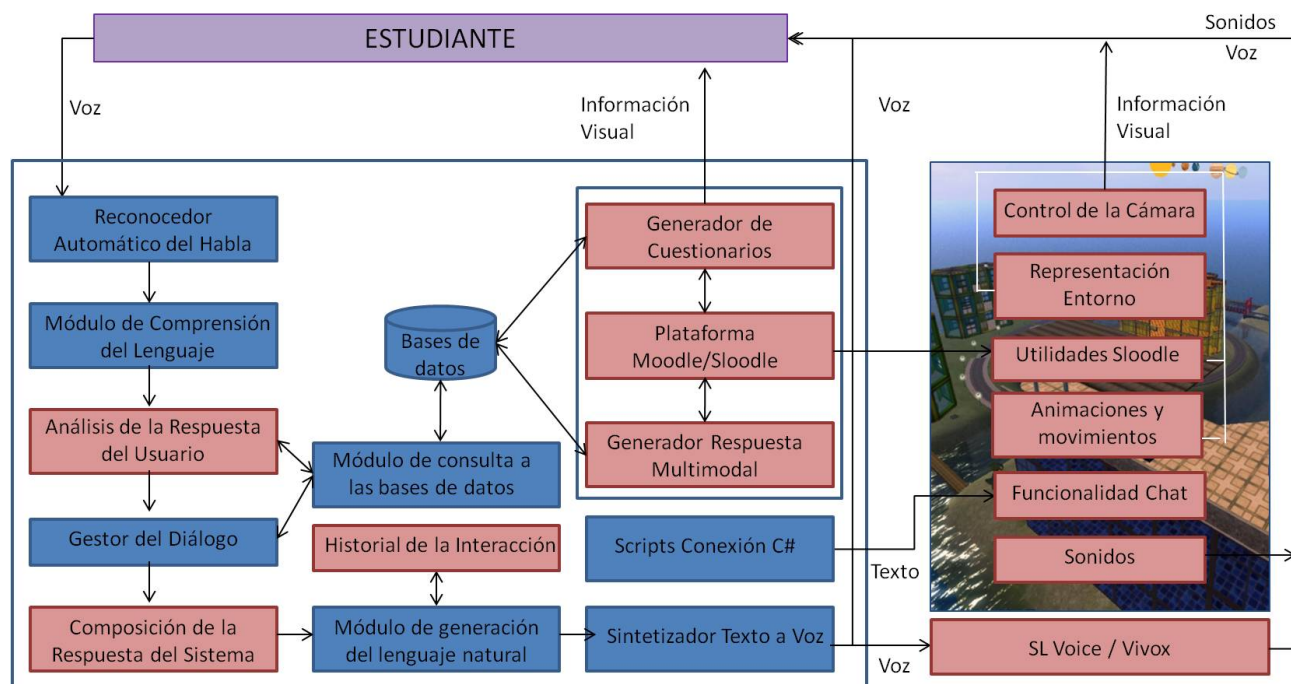
En segundo lugar, nuestra propuesta se fundamenta en el desarrollo de un espacio virtual innovador, que haga de las asignaturas un espacio más flexible, participativo y atractivo. Para ello, llevamos a la práctica de nuestra docencia los últimos avances realizados por los miembros del proyecto en materia investigadora. Concretamente, nuestro objetivo es la creación de una plataforma con agentes autónomos que funcione como espacio virtual en el que los alumnos puedan interactuar para presentarles casos y problemas que deben resolver, permitiendo esta interacción evaluar además su aprendizaje.

En tercer lugar, aplicamos los criterios de internacionalización de la docencia mediante la generación de contenidos tanto en inglés como en castellano, así como el posterior procesamiento teniendo en cuenta el idioma en el que el alumno haya suministrado las respuestas.

La arquitectura de *EducAgent* está compuesta de una serie de módulos distribuidos en agentes que se encargan de facilitar la comunicación con el estudiante, la generación y selección de los contenidos, el análisis de las respuestas proporcionadas por el mismo, la generación de la respuesta adecuada teniendo en cuenta este análisis y la comunicación de la misma al estudiante. La Figura 2 muestra la arquitectura desarrollada para el proceso de generación de un cuestionario y el análisis de las respuestas.

Tal y como puede observarse en la figura, para cada uno de los temas que componen el curso, la herramienta selecciona de la base de datos las preguntas correspondientes a los apartados que se desee evaluar en el idioma seleccionado por el estudiante. El formulario generado se presenta al alumno utilizando la plataforma Moodle. El estudiante accede a dicho formulario a través de la web, pudiendo responder a las distintas preguntas utilizando tanto la voz como el teclado y el ratón. Sloodle permite además el acceso desde Second Life a los formularios creados en Moodle, utilizando para ello las herramientas descritas en la Sección 3.3.

Para ello, se ha utilizado el estándar XHTML+Voice [W3C 01], que permite la interacción con contenidos web utilizando ambos tipos de modalidades. Para posibilitar que el alumno responda a las preguntas mediante la voz, es necesario disponer de un reconocedor automático del habla, que obtenga la frase(s) que con mayor probabilidad corresponden con la señal de voz recibida. Seguidamente, el módulo de comprensión del lenguaje obtiene la interpretación semántica de las frases recibidas, utilizando para ello de gramáticas apropiadas para el análisis de los contenidos de cada unas de las preguntas. Mediante la obtención del significado y su comparación con la respuesta correcta elaborada por el personal docente del curso (contenida en la base de datos del sistema y accesible a través del módulo de consulta a la misma), el módulo de Análisis de la Respuesta calcula el porcentaje de éxito del estudiante y las recomendaciones que deben hacerse al estudiante.

Figura 2. Arquitectura de la herramienta *EducAgent*

A continuación, el gestor de diálogo selecciona la siguiente acción que debe ejecutar el sistema, teniendo en cuenta el resultado del análisis anterior (ej. confirmar información suministrada por el estudiante, solicitarle información adicional, continuar con la siguiente pregunta, etc.). El módulo de Composición de la Respuesta del Sistema tiene en cuenta el análisis efectuado a las distintas preguntas, generándose la respuesta final al estudiante a través del módulo de Generación de Lenguaje Natural. El texto generado se muestra al estudiante utilizando un formato web en XHTML+Voice, visualizado utilizando la plataforma Moodle/Sloodle, así como utilizando un Sintetizador de Texto a Voz que genera la respuesta oral que se reproduce al estudiante.

La interacción con el mundo virtual de Second Life se lleva a cabo mediante código desarrollado con C#.NET y la utilización de la librería SpeechLib para capturar la señal proporcionada por el sintetizador texto a voz y su transmisión al módulo servidor de voz en Second Life (SLVoice). Este módulo es externo al programa cliente para visualizar el mundo virtual (Second Life Viewer) y está basado en la tecnología Vivox, que utiliza los protocolos RTP, SIP, OpenAL, TinyXPath, OpenSSL y LibCurl para la transmisión de los datos de voz.

Por último, hemos integrado un emulador de teclado que permite además transmitir la transcripción de texto generada por el sistema directamente al Chat de Second Life, para los casos de que se desee además transmitir este texto al usuario. Utilizando esta funcionalidad es posible además transmitir mediante el chat un mensaje distinto a la señal de voz generada, de manera que esta información textual pueda complementar la información proporcionada vocalmente (por ejemplo, en los casos en los que la información que hay que proporcionar mediante la voz es demasiado largo y puede simplificarse mediante una explicación vocal y un texto que la complemente).

Dado que con la aplicación del proyecto se pretende diagnosticar qué conocimientos han adquirido los alumnos a través de diversas actividades programadas en cada una de las fases del curso, estas actividades son variadas y consisten en pedir que recuerden lo que saben del tema, plantear problemas de dificultad creciente, pedir que expresen acuerdo o desacuerdo con determinadas proposiciones, etc. Con ello se favorece el protagonismo de los estudiantes, motivándoles y propiciando su participación activa.

Los casos y problemas que se presentan al alumno se generan de forma dinámica a partir del conjunto de

contenidos disponible para tratar cada una de las temáticas definidas y contienen:

- Preguntas relativas a los contenidos teóricos que sirvan de repaso de las metodologías y conceptos necesarios para llevar a cabo el trabajo propuesto en la asignatura.
- Conexión con los programas utilizados para desarrollar el trabajo del alumno, para posibilitar así la ejecución de código.
- Definiciones en forma de casos propuestos para que el alumno pueda así obtener conclusiones sobre los procesos adecuados para resolver problemas específicos.

De esta forma, el alumno puede llevar a cabo diferentes interacciones con la plataforma, en la que se le muestren contenidos correspondientes a las diferentes fases definidas en la asignatura, a partir de las cuales pueda evaluar sus conocimientos y obtener conclusiones sobre los resultados que debe obtener al final de cada una de las mismas. Entre los contenidos se ha prestado una especial atención en desarrollar casos a partir de los cuales se traten los problemas que hemos encontrado en los desarrollos llevados a cabo por los alumnos durante cursos anteriores.

Por último, potenciamos el desarrollo y evaluación de las competencias adquiridas por los estudiantes en un sistema basado en la filosofía del EEES. Como se comentó anteriormente, los agentes virtuales se han desarrollado de forma que éstos favorezcan la explotación de recursos formativos, fomenten el trabajo autónomo de los alumnos basándose en sus motivaciones e intereses y lleven a cabo estrategias didácticas que les ayuden a progresar en su aprendizaje.

5. Aplicación práctica

La herramienta *EducAgent* se ha implantando durante el curso 2010-2011 en la asignatura Procesadores de Lenguaje de los estudios de Grado en Informática en el Plan Bilingüe de la Universidad Carlos III. En la metodología de evaluación de la asignatura se prima de esta forma la adaptación al nuevo grado, concediéndose un peso significativo a la realización de la evaluación continua. Las

autoevaluaciones realizadas con *EducAgent* sirven como acción formativa y también como medida para la evaluación de la asignatura.

En cuanto a su acción formativa, tiene como objetivo que el alumno pueda seguir adecuadamente el proceso de aprendizaje a lo largo de la impartición de la asignatura así como recibir una retroalimentación del grado de asimilación de los objetivos de aprendizaje y competencias adquiridas. Es en el proceso de evaluación continua donde se ha aplicado la metodología propuesta en este proyecto, mediante la valoración de la utilización de la plataforma telemática y de los contenidos desarrollados en cada una de las fases definidas en la asignatura, realizándose forma totalmente on-line mediante el uso de la herramienta.

La Figura 3 muestra un ejemplo de un formulario VoiceXML para presentar oralmente cada una de las preguntas de un formulario al estudiante, recoger su respuesta y suministrarla al módulo de comprensión de lenguaje. Tal y como puede observarse, cada pregunta dispone de una gramática inicial, tratamientos de eventos de ayuda y envío de la respuesta a los módulos de comprensión y análisis de la respuesta.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<vxml version="2.0" xmlns="http://www.w3.org/2001/vxml"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:schemaLocation="http://www.w3.org/2001/vxml
http://www.w3.org/TR/voicexml20/vxml.xsd">
<form id="Análisis Léxico">
<block>Responde a la siguiente pregunta.</block>
<field name="PAL-03">
<prompt>¿Crees que las expresiones regulares facilitan o
dificultan el reconocimiento de tokens? ¿Por qué?</prompt>
<grammar src="pal-03.grxml" type="application/srgs+xml"/>
<catch event="help">
Por favor, proporciona a continuación la respuesta a la
pregunta siguiente: <reprompt/>
</catch>
</field>
<submit next="/servlet/analisis/pal" namelist="pal-03"/>
</block>
</form>
</vxml>
```

Figura 3. Ejemplo de formulario VXML para la generación de una pregunta

La Figura 4 muestra la composición de un formulario con preguntas sobre análisis léxico para la asignatura Procesadores de Lenguaje. En él pueden observarse las preguntas generadas para los diferentes tipos enumerados. Para fomentar el trabajo continuo del alumno durante el transcurso de la asignatura, posibilitando que reciba retroalimentación de su trabajo a partir del estudio de sus soluciones a los casos propuestos, se le proporciona una comparativa de las mismas con la solución propuesta por el agente así como indicaciones de cuáles son sus errores y por qué es erróneo, los aspectos que debe afianzar, la visualización de los errores típicos que suelen cometerse, etc.

Como resultados preliminares cabe destacar que la herramienta ha sido utilizada por el 89% de los alumnos matriculados en la asignatura durante el curso académico. Un 68% de los alumnos han manifestado la utilidad de la herramienta para facilitar la consecución los objetivos, ampliar el aprendizaje y conocer el grado de comprensión de los contenidos.

Para llevar a cabo la aplicación y estudio de las utilidades educativas proporcionadas por SL y Sloodle, hemos desarrollado un conjunto de cuestionarios con un total de 110 preguntas, casos prácticos y problemas relativos a los contenidos teóricos de la asignatura, metodologías, conceptos y aplicaciones prácticas de los mismos. Estos cuestionarios se implementaron utilizando un repositorio para las preguntas en el propio espacio Moodle de la

Universidad Carlos III de Madrid y empleando las herramientas proporcionadas por Sloodle para su visualización y realización de los mismos en el mundo virtual de Second Life.

La experiencia se planificó de forma que en una sesión inicial se introdujo a los alumnos las nociones necesarias para interactuar en el mundo virtual (descarga e instalación del explorador, creación y personalización de su avatar, búsqueda y localización de recursos, utilización de las diferentes utilidades educativas descritas, etc). Seguidamente, se llevó a cabo una sesión de laboratorio al finalizar cada una de las unidades del curso.

En estas sesiones los alumnos accedieron al mundo virtual para responder los cuestionarios elaborados con los contenidos correspondientes a dicha unidad, estableciendo una planificación de forma que cada una de las sesiones sirviese como refuerzo del aprendizaje llevado a cabo durante las clases magistrales. Asimismo, la participación del personal docente en la coordinación de cada una de las sesiones posibilitó la detección de los conceptos respecto a los cuales se produjo un mayor número de errores al completar los cuestionarios. De este modo, tras cada una de las sesiones de laboratorio con Second Life se dedicó una lección magistral para solucionar los problemas detectados y reforzar dichos conceptos.

Análisis Léxico																							
Revisión del intento 1																							
DATOS ALUMNO																							
Comenzado el	jueves, 4 de marzo de 2010, 13:24																						
Completado el	jueves, 4 de marzo de 2010, 13:37																						
Tiempo invertido	13 minutos 7 segundos																						
Calificación	10 de un máximo de 10 (100%)																						
<p>1 Resume brevemente qué información vas a extraer de tu programa de entrada a partir del análisis léxico.</p> <p>Punto/s: 1/1</p> <p>Respuesta: <input type="text" value="Vamos a obtener los tokens que definamos como válidos de nuestro lenguaje de entrada (Python algo simplificado), además de una salida de error que indique cuando se detecta algo inválido."/></p> <p>Hacer comentario o evitar calificación</p> <p>Correcto</p> <p>Puntos para este envío: 1/1.</p> <p>Historial de respuestas</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>#</th> <th>Acción</th> <th>Respuesta</th> <th>Hora</th> <th>Puntuación general</th> <th>Calificación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Cerrar</td> <td>Vamos a obtener los tokens que definamos como válidos de nuestro lenguaje ...</td> <td>13:37:44 on 4/03/10</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Calificación manual</td> <td>Vamos a obtener los tokens que definamos como válidos de nuestro lenguaje ...</td> <td>09:05:18 on 5/03/10</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>						#	Acción	Respuesta	Hora	Puntuación general	Calificación	1	Cerrar	Vamos a obtener los tokens que definamos como válidos de nuestro lenguaje ...	13:37:44 on 4/03/10	0	0	2	Calificación manual	Vamos a obtener los tokens que definamos como válidos de nuestro lenguaje ...	09:05:18 on 5/03/10	1	1
#	Acción	Respuesta	Hora	Puntuación general	Calificación																		
1	Cerrar	Vamos a obtener los tokens que definamos como válidos de nuestro lenguaje ...	13:37:44 on 4/03/10	0	0																		
2	Calificación manual	Vamos a obtener los tokens que definamos como válidos de nuestro lenguaje ...	09:05:18 on 5/03/10	1	1																		
<p>3 ¿Crees que las expresiones regulares a la hora de reconocer tokens facilitan o dificultan el trabajo? ¿Por qué?</p> <p>Punto/s: 1/1</p> <p>Respuesta: <input type="text" value="Facilitan mucho el trabajo porque personalmente me parecen muy claros y concisos."/></p> <p>Hacer comentario o evitar calificación</p> <p>Correcto</p> <p>Puntos para este envío: 1/1.</p> <p>Historial de respuestas</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>#</th> <th>Acción</th> <th>Respuesta</th> <th>Hora</th> <th>Puntuación general</th> <th>Calificación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Cerrar</td> <td>Facilitan mucho el trabajo porque personalmente me parecen muy claros y ...</td> <td>13:37:44 on 4/03/10</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Calificación manual</td> <td>Facilitan mucho el trabajo porque personalmente me parecen muy claros y ...</td> <td>09:06:09 on 5/03/10</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>						#	Acción	Respuesta	Hora	Puntuación general	Calificación	1	Cerrar	Facilitan mucho el trabajo porque personalmente me parecen muy claros y ...	13:37:44 on 4/03/10	0	0	2	Calificación manual	Facilitan mucho el trabajo porque personalmente me parecen muy claros y ...	09:06:09 on 5/03/10	1	1
#	Acción	Respuesta	Hora	Puntuación general	Calificación																		
1	Cerrar	Facilitan mucho el trabajo porque personalmente me parecen muy claros y ...	13:37:44 on 4/03/10	0	0																		
2	Calificación manual	Facilitan mucho el trabajo porque personalmente me parecen muy claros y ...	09:06:09 on 5/03/10	1	1																		
<p>9 ¿Puede dejarse cerrado el conjunto de tokens que forma el lenguaje de partida en este hito o hay algún aspecto abierto? ¿La herramienta de reconocimiento léxico condiciona el resto de tareas de desarrollo durante el proyecto?</p> <p>Punto/s: 1/1</p> <p>Respuesta: <input type="text" value="Nosotros dejamos cerrado el conjunto de tokens con bastante seguridad ya que tenemos la gramática completa que queremos implementar. Sólo si decidiéramos implementar más aspectos tendríamos que ampliar el conjunto de tokens, y habría que ampliar cada fase del compilador para adaptarlo a los cambios."/></p> <p>Hacer comentario o evitar calificación</p> <p>Correcto</p> <p>Puntos para este envío: 1/1.</p> <p>Historial de respuestas</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>#</th> <th>Acción</th> <th>Respuesta</th> <th>Hora</th> <th>Puntuación general</th> <th>Calificación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Cerrar</td> <td>Nosotros dejamos cerrado el conjunto de tokens con bastante seguridad ya que ...</td> <td>13:37:44 on 4/03/10</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Calificación manual</td> <td>Nosotros dejamos cerrado el conjunto de tokens con bastante seguridad ya que ...</td> <td>09:09:22 on 5/03/10</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>						#	Acción	Respuesta	Hora	Puntuación general	Calificación	1	Cerrar	Nosotros dejamos cerrado el conjunto de tokens con bastante seguridad ya que ...	13:37:44 on 4/03/10	0	0	2	Calificación manual	Nosotros dejamos cerrado el conjunto de tokens con bastante seguridad ya que ...	09:09:22 on 5/03/10	1	1
#	Acción	Respuesta	Hora	Puntuación general	Calificación																		
1	Cerrar	Nosotros dejamos cerrado el conjunto de tokens con bastante seguridad ya que ...	13:37:44 on 4/03/10	0	0																		
2	Calificación manual	Nosotros dejamos cerrado el conjunto de tokens con bastante seguridad ya que ...	09:09:22 on 5/03/10	1	1																		

Figura 4. Ejemplo de composición de un formulario generado con la herramienta *EducAgent*

Tras completar la experiencia se ha realizado una evaluación preliminar de la misma mediante un cuestionario en el que los estudiantes proporcionaron su opinión sobre sus conocimientos previos sobre las tecnologías empleadas, valoraron las posibilidades de interacción y comunicación en el mundo virtual, evaluaron las utilidades educativas empleadas y contenidos propuestos en las diferentes

actividades, y dieron a conocer su valoración acerca del aprendizaje conseguido. Este cuestionario contenía un total de 10 preguntas en las que el alumno debía seleccionar un valor de 1 a 5. Por último, se incluyó una pregunta adicional para que los alumnos indicaran qué puntos fundamentales valoraban más de la experiencia y cuáles mejorarían, tal y como muestra la Figura 5.

P1: Valora de 1 a 5 tus conocimientos previos sobre las nuevas tecnologías y redes sociales.
P2: ¿Cuántas veces habías accedido previamente a mundos virtuales como Second Life?
P3: ¿Te ha sido fácil interactuar con las diferentes utilidades para completar los cuestionarios?
P4: ¿El diseño del entorno didáctico te ha parecido correcto?
P5: ¿Crees que los cuestionarios cubren los contenidos fundamentales de la asignatura?
P6: ¿La comunicación con los otros participantes te resultó sencilla?
P7: ¿En cada momento sabías qué acción debías realizar?
P8: ¿Crees que la experiencia te ha servido para preparar mejor la asignatura?
P9: ¿En términos generales estás satisfecho con la experiencia?
P10: Indica qué puntos valoras más de la experiencias y qué mejorarías.

Figura 5. Cuestionario diseñado para la evaluación de la propuesta educativa

La Tabla 1 muestra el valor medio, mínimo y máximo para cada una de las preguntas del cuestionario.

	Valor medio	Valor máximo	Valor mínimo
P1	4.6	5	4
P2	2.8	4	1
P3	4.3	5	3
P4	3.8	5	3
P5	4.6	5	3
P6	3.1	4	3
P7	3.5	4	2
P8	4.5	5	4
P9	4.4	5	4

Tabla 1. Resultados de la evaluación subjetiva de la propuesta (1=peor valoración, 5=mejor valoración)

De los resultados obtenidos en la evaluación puede observarse que los estudiantes valoraron muy positivamente los aspectos más relevantes de la experiencia, como la calidad de las utilidades empleadas y contenidos desarrollados para el diseño del entorno educativo, el potencial

que ofrece el mundo virtual para el desarrollo de este tipo de actividades, así como las posibilidades de comunicación, sociabilización e interacción que proporciona el entorno virtual. Asimismo, valoraron favorablemente la experiencia en cuanto a los objetivos fundamentales de facilitar el proceso de aprendizaje y reforzar la adquisición de los contenidos fundamentales. Con respecto a los puntos a mejorar, se destacó la posibilidad de ampliar el número de actividades, de incluir una mayor retroalimentación al detectar una pregunta respondida incorrectamente, así como las dudas que originaba el empleo de algunas de las utilidades descritas.

6. Conclusiones

A lo largo del presente artículo hemos resumido las características de una herramienta desarrollada para facilitar el aprendizaje autónomo y la autoevaluación de conocimientos en cursos on-line. La herramienta *EducAgent* incluye funcionalidades que facilitan la generación de contenidos, el análisis de las respuestas de los estudiantes, la generación de una respuesta adecuada teniendo en cuenta el resultado de este análisis y la interacción con la herramienta de la forma más natural y personalizada al estudiante, utilizando para ello agentes conversacionales e interacción en mundos virtuales.

Tal y como se ha descrito, estas nuevas tecnologías y entornos ofrecen una amplia gama de posibilidades educativas que los convierten en escenarios propicios para el aprendizaje, en los que los alumnos puedan además explorar, conocer a otros residentes, socializar, participar en actividades individuales y grupales, así como participar en la creación del entorno.

En esta contribución nos hemos centrado en exponer los resultados del estudio que hemos realizado del conjunto de utilidades educativas

proporcionadas por la herramienta Sloodle, que posibilita la utilización de la plataforma Moodle en el mundo virtual Second Life. Para ello, hemos llevado a la práctica la aplicación de estas herramientas en el proceso de aprendizaje de una de las asignaturas que impartimos. Los resultados de la experiencia muestran la buena acogida de la misma, así como el potencial educativo de estas herramientas.

Como trabajo futuro, tenemos la intención de poder ampliar la experiencia en los siguientes cursos, pudiendo incluir en nuestro estudio las funcionalidades de adaptar el funcionamiento del entorno y herramientas a las necesidades de cada estudiante, teniendo en cuenta la evolución del alumno durante el curso como uno de los aspectos fundamentales para llevar a cabo esta adaptación.

Las interacciones de los alumnos con los agentes virtuales aportarán información esencial tanto al profesor como a los alumnos. Al profesor esta actividad le ofrece una realimentación sobre el grado de comprensión de la materia mayor que la que se puede obtener en las clases expositivas. A los alumnos, el proceso de resolución les permite desarrollar la habilidad de poner en práctica los conceptos teóricos, verificando si su solución es correcta o no y haciéndolo además en un entorno innovador que les motive.

De la evaluación del proyecto a partir de las estadísticas de utilización de las diferentes funcionalidades incluidas en la plataforma, como de las evaluaciones facilitadas por los alumnos, se obtendrán resultados que consideramos muy beneficiosos tanto para la adaptación de asignaturas para su paso al nuevo Grado de Informática, como para la implantación del proyecto en los cursos que impartimos.

Los indicadores de resultados que se obtendrán al final en los siguientes cursos para del proyecto incluyen el desarrollo final de los agentes y contenidos educativos para las diferentes

asignaturas; evaluación de los agentes y contenidos siguiendo criterios tecnológicos como su fiabilidad, robustez y usabilidad; la valoración de la acogida del material por parte de los alumnos, estudiando su grado de utilización y realizando encuestas de satisfacción; y la evaluación de los beneficios que el empleo de los agentes supone para el proceso de enseñanza-aprendizaje en cuanto a resultados y motivación de los alumnos.

Agradecimientos

Trabajo llevado a cabo dentro de la 9ª Convocatoria de Apoyo a Experiencias de Innovación e Internacionalización Docente de la Universidad Carlos III de Madrid y financiado parcialmente por los Proyectos CICYT TIN2008-06742-C02-02/TSI, CICYT TEC2008-06732-C02-02/TEC, CAM CONTEXTS (S2009/TIC-1485) y DPS2008-07029-C02-02.

Referencias

- [Abu Shawar et al. 07] B. Abu Shawar, E. Atwell. Fostering language learner autonomy via adaptive conversation tutors. Proc. of Corpus Linguistic (CL'07). 2007.
- [Aleven et al. 99] V. Aleven, K. Koedinger, K. Cross. Tutoring Answer Explanation Fosters Learning with Understanding. Artificial Intelligence in Education. 1999.
- [Baylor et al. 05] A.L. Baylor, Y. Kim. Simulating Instructional Roles through Pedagogical Agents. International Journal of Artificial Intelligence in Education, vol.15(2), pp. 95-115. 2005.
- [Bishop 09] J. Bishop. Enhancing the understanding of genres of web-based communities: The role of the ecological cognition framework. International Journal of Web-Based Communities, vol. 5(1), pp. 4-17. 2009.
- [Boyd et al. 07] D. Boyd, N. Ellison. Social Network Sites, Definition, History and Scholarship. Journal of Computer Mediated Communication, vol. 13(1), pp. 210-230. 2007.

- [Chi et al. 11] M. Chi, K. VanLehn, D. Litman, P. Jordan. Empirically evaluating the application of reinforcement learning to the induction of effective and adaptive pedagogical strategies. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol. 21 (1-2), pp. 137-180. 2011.
- [Chou et al. 03] C.-Y Chou, T.-W. Chan, C.-J. Lin, Redefining the Learning Companion: the Past, Present and Future of Educational Agents. *Computers & Education*, vol. 40, pp. 255-269. 2003.
- [De Pietro et al. 05] O. De Pietro, G. Frontera. TutorBot: an application AIML based for Web-Learning. *Advanced Technology for Learning*, vol. 2(1), pp. 29-34. 2005.
- [Dillenbourg et al. 92] P. Dillenbourg, J. Self. *People Power: A Human-Computer Collaborative Learning System in Intelligent Tutoring Systems*. Springer-Verlag, pp. 651-660. 1992.
- [Dwyer 07] C. Dwyer. Digital Relationships in the 'MySpace' Generation: Results from a Qualitative Study. *Proc. of HICSS'07*, pp. 19-28. 2007.
- [Ellison et al. 07] N. Ellison, C. Steinfield, C. Lampe. The Benefits of Facebook 'Friends': Social Capital and College Students' Use of Online Social Network Sites. *Computer-Mediated Communication*, vol. 12(4), pp. 1143-1168. 2007.
- [Ellison et al. 10] K. Ellison, C. Matthews. Virtual history: A socially networked pedagogy of Enlightenment. *Educational Research*, vol. 52(3), pp. 297-307. 2010.
- [Feng et al. 06] D. Feng, E. Shaw, J. Kim, E. Hovy, An Intelligent Discussion-Bot for Answering Student Queries in Threaded Discussions. *Proc. of International Conference on Intelligent User Interfaces*, pp. 171-177. 2006.
- [Forbes-Riley et al. 08] K. Forbes-Riley, M. Rotaru, D. Litman. The Relative Impact of Student Affect on Performance Models in a Spoken Dialogue Tutoring System. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, vol.18, pp. 11-43. 2008.
- [Fryer et al. 06] L. Fryer, R. Carpenter. Bots as Language Learning Tools. *Language Learning and Technology*, vol. 10(3), pp. 8-14. 2006.
- [Graesser et al. 01] A.C Graesser, N.K. Person, D. Harter. Teaching Tactics and Dialog in AutoTutor. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, vol.12, pp. 23-39. 2001.
- [Gómez-Pérez et al. 03] Gómez-Pérez, A. Fernández-López, M. Corcho, O. *Ontological Engineering*. Springer-Verlag. 2003.
- [Grigoriadou et al. 03] M. Grigoriadou, G. Tsaganou, T. Cavoura. Dialogue-Based Reflective System for Historical Text Comprehension. *Proc. of Workshop on Learner Modelling for Reflection at Artificial Intelligence in Education*. 2003.
- [Griol 07] Griol, D., 2007. Desarrollo y Evaluación de diferentes Metodologías para la Gestión Automática del Diálogo. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia (España).
- [Hausmann et al. 09] R. G. Hausmann, T. J., Nokes, K. VanLehn, B. van de Sande. Collaborative dialog while studying worked-out examples. *Artificial Intelligence in Education*. 2009.
- [Heffernan 03] N.T. Heffernan. Web-Based Evaluations Showing both Cognitive and Motivational Benefits of the Ms. Lindquist Tutor. *Artificial Intelligence in Education*, pp. 115-122. 2003.
- [Iqbal et al. 10] A. Iqbal, M. Kankaanranta, P. Neittaanmäki. Engaging learners through virtual worlds. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 2(2), pp. 3198-3205.2010.
- [Jordan et al. 01] P.W. Jordan, C. Rose, K. VanLehn. Tools for authoring tutorial dialogue knowledge. *Proc. of AI in Education*, pp. 222-233. 2001.
- [Jurafsky et al. 00] D. Jurafsky, D., J. H. Martin. *Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Speech Recognition, and Computational Linguistics*. Prentice-Hall. 2000.
- [Kanematsu et al. 10] H. Kanematsu, Y. Fukumura, D.M. Barry, S.Y. Sohn, R. Taguchi. Multilingual discussion in metaverse among students from the USA, Korea and Japan. *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 6279, pp. 200-209. 2010.
- [Kerly et al. 08] A. Kerly, R. Ellis, S. Bull. CALMsystem: A Conversational Agent for

- Learner Modelling. Knowledge Based Systems, vol. 21(3), pp. 238-246. 2008.
- [Kerly et al. 08b] A. Kerly, R. Ellis, S. Bull. Conversational Agents in E-Learning. Proc. of AI'08, pp. 169-182. 2008.
- [Kerly et al. 08c] A. Kerly, S. Bull. Children's Interactions with Inspectable and Negotiated Learner Models. Proc. of Intelligent Tutoring Systems, pp.132-141. 2008.
- [Kim. 07] Y. Kim. Desirable Characteristics of Learning Companions. International Journal of Artificial Intelligence in Education, vol. 17(4), pp. 371-388. 2007.
- [Kovács et al. 06] G.L. Kovács, S. Kopácsi. Some aspects of ambient intelligence. Acta Polytechnica Hungarica, vol. 3(1), pp. 35-60. 2006.
- [Lester et al. 99] J.C. Lester, B.A. Stone, G.D. Stelling. Lifelike Pedagogical Agents for Mixed-Initiative Problem Solving in Constructivist Learning Environments. User Modeling and User-Adapted Interaction, vol. 9, pp. 1-44. 1999.
- [Litman et al. 04] D.J. Litman, S. Silliman, ITSPOKE: An Intelligent Tutoring Spoken Dialogue System. Proc. of Human Language Technology Conference, pp. 5-8. 2004.
- [Litman et al. 06] D. Litman and K. Forbes-Riley. Correlations between dialogue acts and learning in spoken tutoring dialogues. Nat. Lang. Eng, vol. 12(2), pp.161-176. 2006.
- [López-Cózar et al. 05] R., López-Cózar, M. Araki. Spoken, Multilingual and Multimodal Dialogue Systems: Development and Assessment. Ed. John Wiley & Sons. 2005.
- [McTear 04] M. McTear. Spoken Dialogue Technology: Towards the Conversational User Interface. Ed. Springer. 2004.
- [Mikropoulos et al. 11] T.A. Mikropoulos, A. Natsis. Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999-2009). Computers & Education, vol. 56(3), pp. 769-780. 2011.
- [Minker 98] W. Minker. Stochastic versus rule-based speech understanding for information retrieval. Speech Communication, vol. 25(4), pp. 223-247. 1998.
- [Nakashima et al. 10] H. Nakashima, H. Aghajan, J.C. Augusto. Handbook of Ambient Intelligence and Smart Environments. Ed. Springer. 2010.
- [Park 10] Park, H. The effect of activities in virtual worlds as a communication environment to understand each other. Journal of Cyber Therapy and Rehabilitation, vol. 3(1), pp. 71-82. 2010.
- [Perry et al. 10] S.J. Perry, I. Bulatov. The influence of new tools in Virtual Learning Environments on the teaching and learning process in chemical engineering. Chemical Engineering Transactions, vol. 21, pp. 1051-1056. 2010.
- [Raitio 11] T. Raitio, A. Suni, J. Yamagishi, H. Pulakka, J. Nurminen, M. Vainio, and P. Alku. HMM-based speech synthesis utilizing glottal inverse filtering. IEEE Transactions on Audio, Speech and Language Processing, vol. 19(1), pp.153-165. 2011.
- [Rickel et al. 99] J. Rickel, W.L. Johnson. Animated agents for procedural training in virtual reality: Perception, cognition, and motor control. Applied Artificial Intelligence, vol.13, pp. 343-382. 1999.
- [Roda et al. 01] C. Roda, A. Angehrn, T. Nabeth. Conversational Agents for Advanced Learning: Applications and Research. Proc. of BotShow Conference, 2001.
- [Shaw et al. 99] E. Shaw, W.L. Johnson, R. Ganesan, Pedagogical Agents on the Web. Proc. of Int.Conference on Autonomous Agents, pp. 283-290. 1999.
- [Taylor et al. 06] K. Taylor, S. Moore. Adding Question Answering to an E-Tutor for Programming Languages. Proc. of AI'06, pp. 193-206. 2006
- [Varges et al. 10] 2010. S. Varges, C. Mellish. Instance-based natural Language Generation. Journal of Natural Language Engineering, vol. 16(3), pp. 309-346. 2010.
- [W3C 01] W3C. World Wide Web Consortium. XHTML+Voice Profile 1.0. Disponible en www.w3.org/TR/xhtml+voice/. 2001.
- [Wooldridge 02] M. Wooldridge, An Introduction to MultiAgent Systems. Ed. John Wiley & Sons. 2002.